



## X Congreso Ibérico de Agroingeniería X Congresso Ibérico de Agroengenharia

Huesca, 3-6 septiembre 2019



# Evaluación de prototipos de jardines verticales confeccionados a partir de material reciclable

Aldaz Lusarreta, A. (P)<sup>1</sup>, Campo Bescós, M.A.<sup>2</sup>, Giménez Díaz, R.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Investigadora, Universidad Pública de Navarra, Departamento de Ingeniería; [alaitz.aldaz@unavarra.es](mailto:alaitz.aldaz@unavarra.es)

<sup>2</sup> Profesor, Universidad Pública de Navarra, Departamento de Ingeniería; [miguel.campo@unavarra.es](mailto:miguel.campo@unavarra.es), [rafael.gimenez@unavarra.es](mailto:rafael.gimenez@unavarra.es)

**Resumen.** El uso de materiales plásticos ha aumentado en la última década, y consecuentemente, el volumen de sus residuos, generando graves daños medioambientales. Una manera de paliar este problema sería prolongando la vida útil de estos materiales y por tanto, disminuyendo la generación de residuos. Se ha pensado que las moquetas feriales podrían reutilizarse, en riego localizado, a modo de mantas de exudación –y soporte de plantas– para la instalación de jardines verticales. El objetivo del presente trabajo es la construcción y la evaluación de prototipos de jardines verticales a partir de mantas de polipropileno recicladas de moquetas feriales. Se confeccionan tres prototipos de jardines verticales de 1 m<sup>2</sup>. El primero está confeccionado con una manta de polipropileno, mientras que el segundo presenta una malla de polipropileno con desechos textiles. El tercer jardín está constituido por una manta de polipropileno con lana de roca. Se definen cinco tratamientos, empleando lechugas como material vegetal. Tres tratamientos corresponden a cada uno de los prototipos y llevan riego por goteo de 1 l/h. Los dos restantes tratamientos se emplean a modo de testigos. El grado de desarrollo de las plantas se estudia partir de imágenes multiespectrales de las cuales se obtiene el Índice NDVI.

**Palabras clave.** Riego localizado, Jardín vertical, NDVI.

## 1. Introducción

El uso de materiales plásticos está cada vez más extendido, sus aplicaciones y combinaciones con otros materiales y compuestos, han aumentado exponencialmente en la última década, lo que conlleva un incremento del volumen de residuos. Éstos se acumulan en grandes cantidades (se estima que un total de 80 millones de toneladas se encuentran flotando en los Océanos Atlántico y Pacífico) y permanecen en el medio ambiente durante varias generaciones. Es así que una mala gestión de dichos residuos puede generar graves daños medioambientales (FAO, 2011, Pérez, 2018).

La UE no contempla específicamente los residuos de plásticos, sino que se tratan como una parte de los flujos generales de residuos, sin que se valoren sus características particulares. Este tipo de residuos ya no debe entenderse como un mero desecho, sino como un recurso y pueden ofrecer soluciones en situaciones de escasez de materias primas (Europea, 2014).

Una manera de paliar, al menos en parte, este importante problema sería prolongando la vida útil de estos materiales -a través de su reutilización con diversos fines- y por tanto, disminuyendo la generación de residuos (Pérez, 2018).

En España se generan grandes cantidades de residuos procedentes de moquetas feriales una vez acabada su vida útil. Estos tejidos, sobre todo las moquetas feriales, se elaboran generalmente

a partir de polipropileno; polímero termoplástico, parcialmente cristalino, que se obtiene de la polimerización del propileno, un subproducto gaseoso de la refinación del petróleo (Petroquim, s.f.).

Se ha pensado que las moquetas feriales de descarte podrían reutilizarse, en riego localizado, a modo de mantas de exudación –y soporte de plantas– para la instalación de jardines verticales.

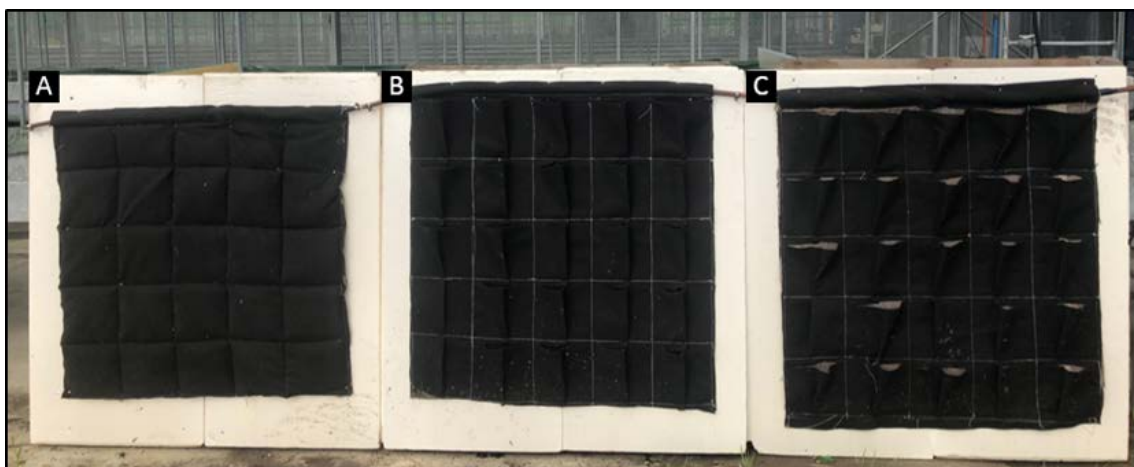
Fue a partir de finales de los años noventa cuándo empezaron a surgir en el mercado nuevas tecnologías de riego, en una búsqueda por mejorar la eficiencia, reduciendo los consumos y en pro de una búsqueda alternativa a los sistemas convencionales de riego por aspersión (Pérez, 2018).

El objetivo del presente trabajo es la construcción y la evaluación de prototipos de jardines verticales a partir de mantas de polipropileno recicladas de moquetas feriales.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1. Jardines verticales. Elaboración y caracterización.

Se han confeccionado tres prototipos de jardines verticales de 1 m<sup>2</sup> cada uno (ver Figura 1). El primer jardín está constituido por una manta de polipropileno con lana de roca (ver Figura 2A), mientras que el segundo presenta una senda manta de polipropileno (ver Figura 2B). En cambio, el tercer jardín está confeccionado con una malla de polipropileno con desechos textiles (ver Figura 2C). En los tres jardines se empleó lana de roca como sustrato para las plantas.



**Figura 1.** Experimentación con jardines verticales, A) malla de polipropileno con lana de roca, B) malla de polipropileno de y C) malla de polipropileno con desechos textiles.



**Figura 2.** Detalle del material en experimentación con jardines verticales, A) malla de polipropileno con lana de roca, B) malla de polipropileno y C) malla de polipropileno con desechos textiles.

Antes de comenzar con la experimentación en campo, para conocer la frecuencia y tiempo de riego en cada prototipo se han realizado sendas pruebas de absorción y movimiento de agua en laboratorio. Cabe destacar que, durante la realización de estas pruebas preliminares se observa que la distribución de agua en los jardines no es homogénea. Tanto es así que, se decide complementar las pruebas con la toma de medidas de humedad en cada uno de los bolsillos que conforman las mantas, mediante el empleo de sondas de humedad EC-5 (marca comercial Meter Group - Decagon Devices Inc.) (ver Figura 3).

La sonda EC-5 mide la humedad del suelo y tiene un volumen de medida de 0,3 l y está diseñada para todo tipo de aplicaciones en campo y laboratorio. Asimismo, se trata de un sensor capacitivo del tipo FDR (Frequency Domain Reflectometry, Reflectometría en el dominio de la frecuencia) que miden la constante dieléctrica o permitividad del suelo para calcular su contenido de humedad. La fracción volumétrica del suelo ocupada por agua tiene una enorme influencia en la permitividad dieléctrica del suelo ya que su valor dieléctrico (80) es mucho mayor que el de los otros constituyentes del suelo (suelo mineral 4; materia orgánica, 4; aire, 1). Por este motivo, cuando la cantidad de agua del suelo varía, la sonda EC-5 detecta y mide esta variación y la relacionan directamente con el cambio en el contenido de agua – VWC (Decagon Devices, Inc., 2016).

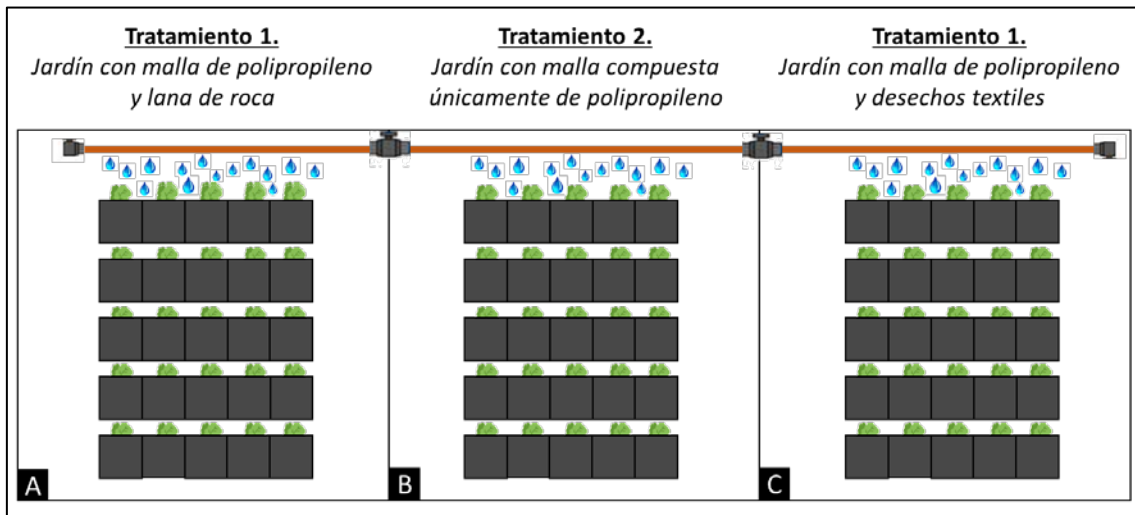


**Figura 3.** Sondas de humedad EC-5 (marca comercial Meter Group - Decagon Devices Inc.).

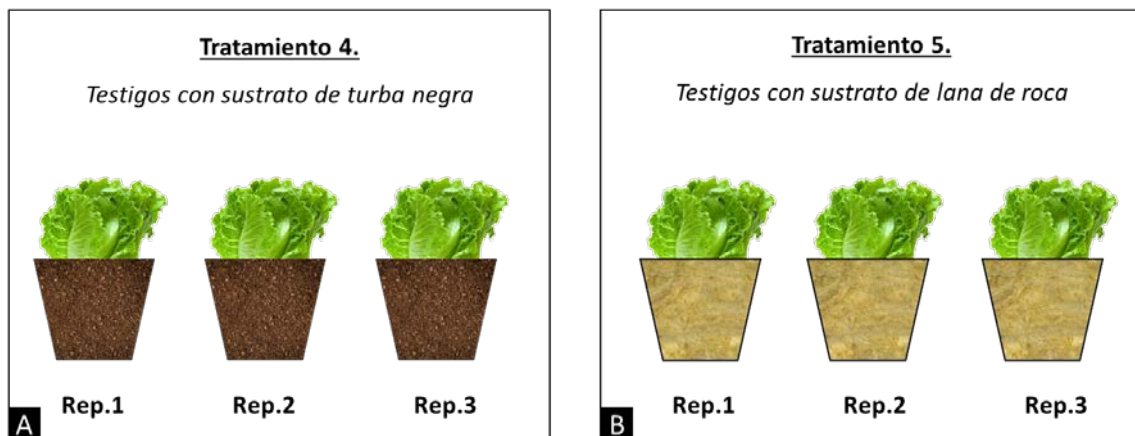
Estas pruebas se realizaron tras la aplicación de un riego debido a ser la condición más alta de humedad.

## *2.2. Sitio experimental y definición de tratamientos*

El ensayo se lleva a cabo en la finca de prácticas de la Universidad Pública de Navarra (UPNA) bajo invernadero. Se han definido cinco tratamientos diferentes, empleándose en todos ellos lechugas como material vegetal. Tres tratamientos corresponden a cada uno de los prototipos. Estos tratamientos llevan riego por goteo suministrado mediante un tubo de exudación colocado en el borde superior de la estructura, que cuenta con un par de emisores de riego por goteo de 1 l/h (ver Figura 4). Los dos restantes tratamientos se emplean a modo de testigos. Ambos se evalúan en macetas, con tres repeticiones cada uno de ellos y bajo riego por aspersión. En el primero se ha utilizado como sustrato lana de roca; mientras que el segundo testigo se desarrolla en sustrato de turba negra (ver Figura 5).



**Figura 4.** Esquema general de los 3 tratamientos correspondientes a cada tipo de jardín.



**Figura 5.** Esquema general de los tratamientos testigo; A) Sustrato turba negra y B) Sustrato lana de roca.

Cabe destacar que los tubos exudantes que se han empleado en la presente investigación se han confeccionado de manera manual. Así pues, para la fabricación de estos tubos se utiliza como base un tubo de riego convencional de goteo, el cual es cubierto por una camisa compuesta por las siguientes capas:

- En primer lugar, una capa de difusión del agua expulsada por el gotero (porción de plástico micro-perforado que envuelve el gotero).
- A continuación, una capa de tejido de polipropileno que distribuye el agua a lo largo de toda la tubería.
- Finalmente, se procede al recubrimiento exterior con film plástico retráctil micro-perforado.

El grado de desarrollo de las plantas en los diferentes tratamientos se determina a partir de imágenes multiespectrales (sensor Sequoia) de las cuales se obtiene el Índice de vegetación NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada), indicador de la actividad fotosintética de las mismas (ver *Ecuación 1*).

Los índices de vegetación son parámetros calculados a partir de los valores de reflectividad de un píxel a distintas longitudes de onda, que pretenden extraer de éstos la información relacionada

con la vegetación, minimizando la influencia de la cubierta del suelo y de las condiciones atmosféricas (Rouse *et al.*, 1974).

El fundamento de los índices de vegetación se basa en la relación que hay entre la reflectividad del infra rojo cercano (IRC) y el rojo (R). Si hay un fuerte contraste entre la banda roja y la del IRC, la vegetación es sana, mientras que, si el contraste es menor, la vegetación está sometida a estrés. El objetivo de los NDVI es obtener en una única imagen, valores altamente correlacionados con parámetros agronómicos como el Kc, siendo (Rouse *et al.*, 1974):

$$NDVI = \frac{IRC - R}{IRC + R} \quad (\text{Ec. 1})$$

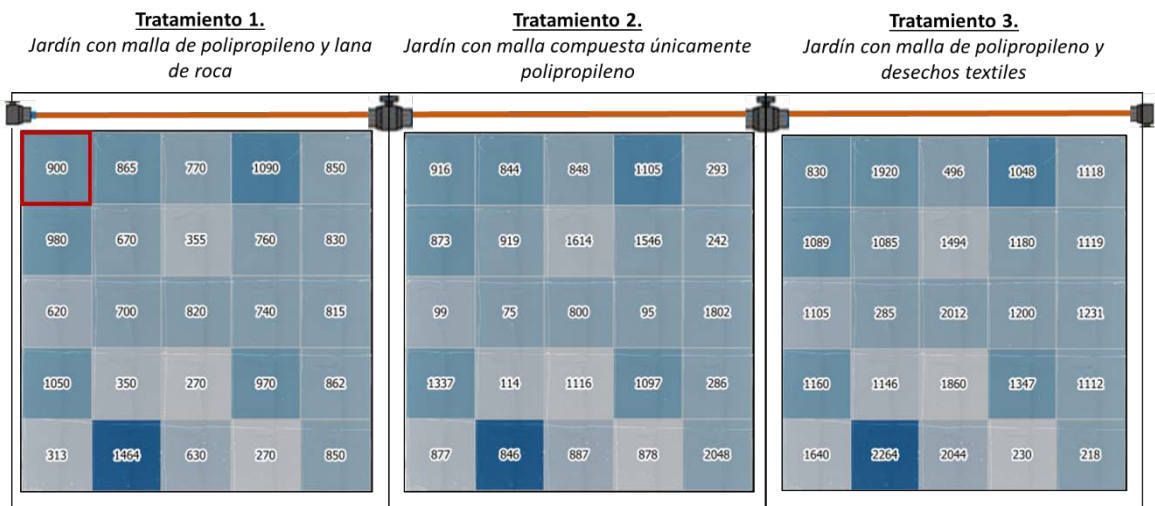
Asimismo, también se ha realizado el pesaje de cada plántula una vez finalizado el ensayo.

### 3. Resultados y discusión

Los datos de humedad obtenidos en cada uno de los bolsillos que conforman el jardín durante la caracterización de los mismos, aparecen representados en la Figura 6. Estos datos se han categorizado en una gama de tonalidades azules, en la que a mayor intensidad de azul mayor contenido de humedad.

En las Figuras 7 y 8, se recogen los resultados correspondientes al NDVI en cada bolsillo. En este caso, se ha empleado una gama de colores que va desde rojo hasta verde, siendo el color rojo el valor 0 y el verde el valor 1 de NDVI.

Asimismo, los pesajes obtenidos en las plantas de lechuga en cada uno de los jardines se muestran en la Figura 9. Una vez más, se ha utilizado una gama de tonalidades, esta vez morados, para presentar los resultados, indicando también el gramaje de cada planta. Cuanto mayor es la intensidad de morado, mayor gramaje.

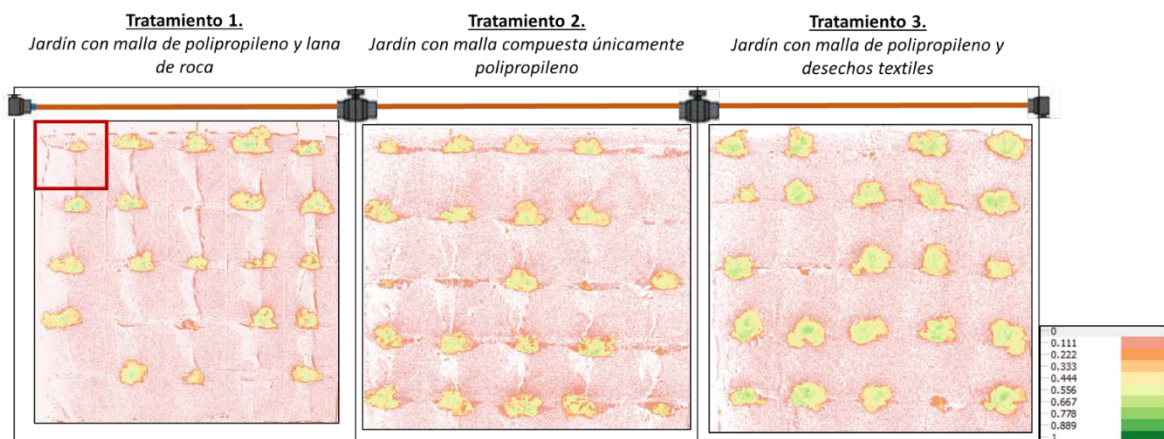


**Figura 6.** Valores crudos de humedad en mV recogidos por las sondas durante la caracterización de los jardines verticales.

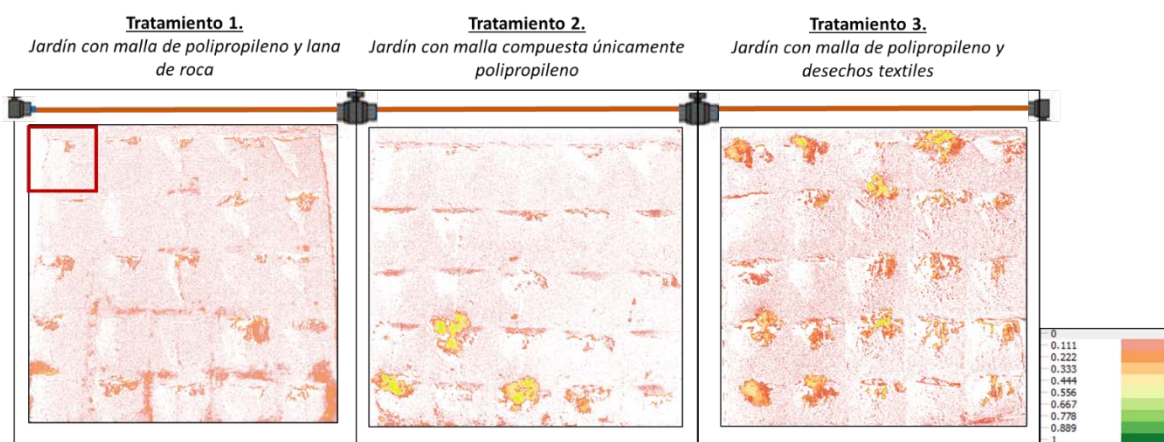
Cada cuadrícula corresponde a un bolsillo. Por ejemplo, la cuadrícula destacada, corresponde a la destacada en la Figura 6, 7 y 8.



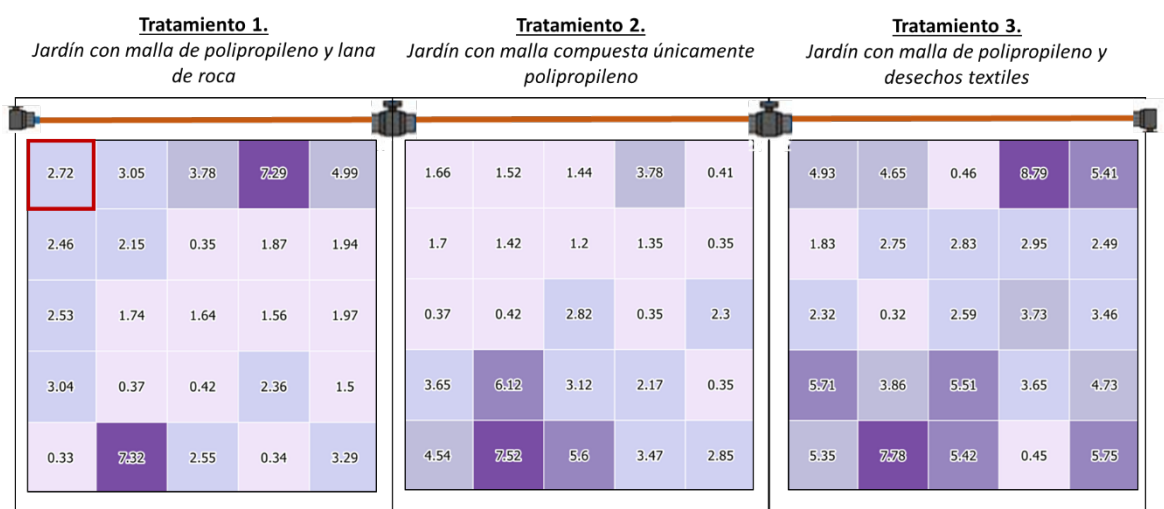
X CONGRESO IBÉRICO DE AGROINGENIERÍA  
X CONGRESSO IBÉRICO DE AGROENGENHARIA  
3 – 6 septiembre 2019, Huesca - España



**Figura 7.** Valores de NDVI al inicio de la experimentación.



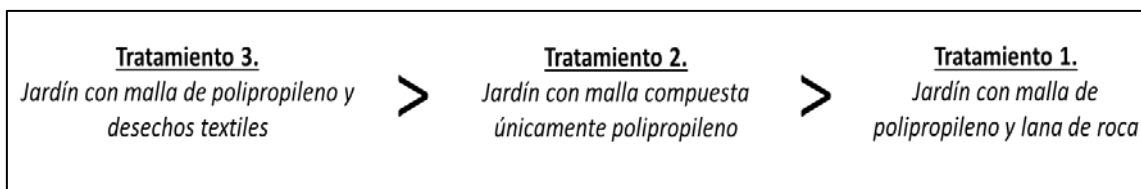
**Figura 8.** Valores de NDVI al final de la experimentación.



**Figura 9.** Valores de los pesos, en gramos, obtenidos tras la experimentación de los jardines vertical

Una vez analizados todos los resultados, se ha visto que los tres jardines presentan una gran heterogeneidad en la distribución de humedad de los mismos, lo cual ha condicionado el desarrollo de las plantas de lechuga a lo largo de la experimentación.

Con todo esto, pese a que ninguno de los tres jardines ha mostrado un comportamiento homogéneo en la distribución de humedad y por tanto en el crecimiento de las plantas, teniendo en cuenta los datos de humedad, valor de NDVI y gramaje, se han clasificado de la siguiente manera los tres jardines de mejor a peor comportamiento (ver Figura 10):



**Figura 10.** Orden decreciente de los jardines según contenido de humedad, valor del NDVI y gramaje.

#### 4. Conclusiones

Ante los primeros resultados obtenidos y con la configuración analizada, los jardines no han tenido un comportamiento óptimo para el desarrollo de las plantas, debido a la falta de homogeneidad en la distribución de agua de riego a lo largo de toda la superficie.

#### Referencias

1. Europea, D. o. (2014). Residuos plásticos en el medio ambiente. Resolución del Parlamento Europeo de 14 de enero de 2014, sobre estrategia europea frente a los residuos plásticos en el medio ambiente (2013/2113(INI),2016/C-482/09.
2. Disponible en: <https://eurlex.europa.eu/legalcontent/ES/TXT/?uri=CELEX%3A52014IP0016>
3. Decagon Devices, Inc. (2016). EC-5 Soil Moisture Sensor. Operator's Manual. 2325 NE Hopkins Court Pullman WA 99163. Disponible en. [https://drive.google.com/drive/folders/0B4\\_J8C5LNE-CbmNqNGNRLU1DQ3M](https://drive.google.com/drive/folders/0B4_J8C5LNE-CbmNqNGNRLU1DQ3M)
4. FAO. (2011). El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura. Obtenido de <http://www.fao.org/3/b-i1688s.pdf>
5. Pérez, B. (2018). Evaluación de mantas de riego subsuperficial realizadas con material reciclado para su aplicación en cubiertas vegetales. Pamplona: Universidad Pública de Navarra.
6. Petroquim. (s.f.). PETROQUIM Tecnología y servicio en polipropileno. (POLIPROPILENO, Productor) Recuperado el Julio de 2018, de <http://www.petroquim.cl/que-es-el-polipropileno/>
7. Rouse Jr, J., Haas, R., Schell, J., y Deering, D. (1974). Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. NASA Special Publication.